

## 17 ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА

### ЗВЕДЕННЯ ОСНОВНИХ ФОРМУЛ

#### 17.1 Радіуси зон Френеля для сферичної хвилі

$$r_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b} k\lambda}, \quad (k = 1, 2, 3, \dots),$$

де  $k$  – номер зони;  $a$  – відстань від джерела до фронту хвилі;  $b$  – відстань від фронту хвилі до центра екрана;  $\lambda$  - довжина хвилі.

#### 17.2 Радіуси зон Френеля для плоскої хвилі

$$r_k = \sqrt{kb\lambda}, \quad (k = 1, 2, 3, \dots).$$

**17.3 Умова спостереження дифракційних мінімумів при дифракції на одній щілині**

$$b \sin \varphi = \pm k\lambda, \quad (k = 1, 2, 3, \dots),$$

де  $k$  – номер мінімуму;  $\varphi$  – кут дифракції;  $b$  – ширина щілини.

**17.4 Умова спостереження дифракційних максимумів при дифракції на одній щілині**

$$b \sin \varphi = \pm \left( k + \frac{1}{2} \right) \lambda, \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots).$$

**17.5 Умова спостереження головних дифракційних максимумів при дифракції на решітці**

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda ,$$

$$(k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

де  $d$  – період дифракційної решітки;  $k$  – порядок максимуму.

**17.6 Умова спостереження головних дифракційних мінімумів при дифракції на решітці**

$$b \sin \varphi = \pm k \lambda ,$$

де  $b$  - ширина прозорої щілини;  $k = 1, 2, 3, \dots$  - порядок (номер) мінімумів.

**17.7 Умова спостереження додаткових мінімумів при дифракції на решітці**

$$d \sin \varphi = \pm \frac{k'}{N}, \quad (k' = 1, 2, 3, \dots, \text{крім } 0, N, 2N, 3N, \dots),$$

де  $N$  – кількість щілин решітки.

**17.8 Роздільна здатність дифракційної решітки**

$$R = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = kN ,$$

де  $\Delta \lambda$  – найменша різниця довжин хвиль двох сусідніх спектральних ліній, при якій ці лінії у спектрі можуть спостерігатися роздільно;  $\lambda$  – довжина хвилі, поблизу якої проводяться вимірювання.

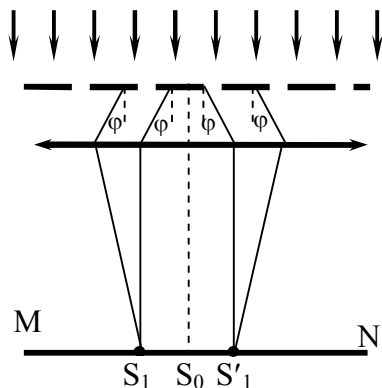


Рисунок 1

**17.9 Кутова дисперсія дифракційної решітки**

$$D_{\varphi} = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{k}{d \cos\varphi},$$

де  $\delta\varphi$  – кутова відстань між двома спектральними лініями з різницею довжин хвиль  $\delta\lambda$ ;  $\varphi$  – кут дифракції;  $k = 1, 2, 3, \dots$  - порядок дифракційних максимумів (мінімумів).

**17.10 Лінійна дисперсія дифракційної решітки**

$$D_l = \frac{\delta l}{\delta\lambda},$$

де  $\delta l$  – лінійна відстань між двома спектральними лініями з різницею довжин хвиль  $\delta\lambda$ .

**17.11 Формула Вульфа-Бреггів** для дифракції рентгенівських променів

$$2d \sin\theta = k\lambda,$$

де  $\theta$  – кут ковзання;  $d$  – відстань між атомними площинами,  $k = 1, 2, 3, \dots$  - порядок дифракційних максимумів.

## ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ

**Приклад 17.1** Плоска світлова хвиля з довжиною хвилі  $\lambda = 0,5$  мкм падає нормально на діафрагму з круглим отвором діаметром  $d = 1$  мм. На якій відстані  $b$  від отвору міститься точка спостереження, якщо отвір відкриває одну зону Френеля?

**Розв'язання**

Радіус  $r_k$  зони Френеля з номером  $k$  для плоскої хвилі дорівнює

$$r_k = \sqrt{bk\lambda}.$$

Звідси отримаємо вираз для

відстані

$b - ?$
$\lambda = 0,5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м},$
$d = 1 \text{ мм} = 10^{-3} \text{ м},$
$k = 1.$

$$b = \frac{d^2}{4k\lambda}.$$

Підставимо значення фізичних величин у отриманий вираз та виконаємо обчислення:

$$b = \frac{(10^{-3})^2}{4 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = \frac{10^{-6}}{20 \cdot 10^{-7}} = 0,5 (\text{м}).$$

**Відповідь:**  $b = 0,5 \text{ м}.$

**Приклад 17.2** Плоска монохроматична світлова хвиля з інтенсивністю  $I_0$  падає нормально на непрозорий екран із круглим отвором. Яка інтенсивність світла  $I$  спостерігається за екраном у точці, для якої радіус отвору дорівнює радіусу першої зони Френеля?

**Розв'язання**

$\frac{I-?}{I_0}$  | Амплітуда  $A_k$  коливань у точці  $P$ , розміщеної на прямій, що проходить через центр отвору та джерело, буде визначатися через амплітуди  $a_k$  коливань, що доходять до точки  $P$  від окремих зон Френеля. Оскільки фази коливань, що приходять у точку  $P$  від двох сусідніх зон відрізняються на  $\pi$ , то амплітуда сумарного коливання  $A_k$ , викликаного дією  $k$  зон, дорівнює:

$$A_k = a_1 - a_2 + a_3 - a_4 + a_5 - \dots \pm a_k. \quad (1)$$

Останній член виразу має додатний знак, якщо  $k = 2m + 1$ , і від'ємний, коли  $k = 2m$ . Можна вважати, що амплітуда коливань, викликаних  $k$ -ою зоною, наближено дорівнює півсумі амплітуд коливань, викликаних  $(k-1)$  і  $(k+1)$  зонами:

$$a_k = \frac{a_{k-1} + a_{k+1}}{2}.$$

Тоді, групуючи доданки у співвідношенні (1), можна одержати таку наближену формулу для обчислення результуючого коливання в точці  $P$ :

$$A_k = \frac{a_1 \pm a_k}{2},$$

де знаки "плюс" і "мінус" відповідають непарному та парному числу зон відповідно. Таким чином, амплітуда сумарного коливання у точці  $P$  залежить від числа відкритих зон  $k$ . Внесок окремих зон зменшується зі збільшенням  $k$ . При повністю відкритому отворі (за відсутності діафрагми)  $k = \infty$ . Дія останньої зони є нескінченно малою і  $A_\infty = \frac{1}{2} a_1$ . За умовою задачі точка  $P$

міститься так, що  $k = 1$ . У цьому випадку

$$A_1 = \frac{a_1}{2} + \frac{a_1}{2} = a_1.$$

Тоді, відношення амплітуд коливань у точці  $P$  дорівнює:

$$\frac{A_1}{A_\infty} = \frac{a_1}{\frac{1}{2}a_1} = 2.$$

Врахуємо ту обставину, що інтенсивність коливань пропорційна квадрату амплітуди, тобто

$$I \sim A^2,$$

тоді

$$\frac{A_1}{A_\infty} = \frac{I^2}{I_0^2} = 2 \Rightarrow \frac{I}{I_0} = \sqrt{\frac{A_1}{A_\infty}},$$

тобто

$$I = I_0 \sqrt{\frac{A_1}{A_\infty}} = I_0 \sqrt{2}.$$

**Відповідь:**  $I = I_0 \sqrt{2}$ .

**Приклад 17.3** На щілину шириною  $b = 0,1$  мм падає нормально монохроматичне світло з довжиною хвилі  $\lambda = 0,5$  мкм. За щілиною міститься збиральна лінза, у фокальній площині якої міститься екран. Що буде спостерігатися на екрані, якщо кут  $\varphi$  дифракції дорівнює: а)  $\varphi_1 = 17'$ ; б)  $\varphi_2 = 43'$ ?

**Розв'язання**

$$k - ?$$

$$\lambda = 0,5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м},$$

$$b = 0,1 \text{ мм} = 10^{-4} \text{ м},$$

$$\varphi_1 = 17',$$

$$\varphi_2 = 43'.$$

При дифракції плоских хвиль на щілині (дифракції Фраунгофера) мінімуми інтенсивності світла спостерігаються у напрямках  $\varphi$ , обумовлених умовою:

$$b \sin \varphi = \pm k \lambda,$$

де  $k$  – номер інтерференційного мінімуму;  $b$  – ширина щілини.

Максимуми інтенсивності спостерігаються, якщо в отворі укладається непарне число зон Френеля. У цьому випадку напрямки  $\varphi$  визначаються таким співвідношенням:

$$b \sin \varphi = \pm (2k+1) \lambda / 2.$$

Для малих кутів

$$\sin \varphi \approx \varphi.$$

У даному випадку одержуємо такну умову спостереження мінімумів інтенсивності:

$$\varphi = \pm k \lambda / b.$$

Максимуми інтенсивності будуть спостерігатися під кутами

$$\varphi = \pm (2k+1) \lambda / 2b.$$

Підставляючи числові значення фізичних величин, знахо-

димемо, що мінімуми та максимуми дифракції будуть спостерігатися під кутами:

$$\begin{array}{llll} k_{\min} = 1, & k_{\min} = 2, & k_{\max} = 1, & k_{\max} = 2, \\ \varphi_1 = 17,2', & \varphi_2 = 37,4', & \varphi_1 = 25,8', & \varphi_2 = 43'. \end{array}$$

Порівнюючи отримані значення з наведеними в умові задачі, простежуємо, що під кутом  $\varphi_1 = 17,2'$  буде спостерігатися перший мінімум інтенсивності, а під кутом  $\varphi_2 = 43'$  – другий максимум інтенсивності.

**Відповідь:** під кутом  $\varphi_1 = 17,2'$  буде спостерігатися перший мінімум інтенсивності  $k_{\min} = 1$ , а під кутом  $\varphi_2 = 43'$  – другий максимум інтенсивності світла  $k_{\max} = 2$ .

**Приклад 17.4** На дифракційну решітку нормально до її поверхні падає паралельний пучок світла з довжиною хвилі  $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ . Розміщена поблизу решітки лінза проєціює дифракційну картину на плоский екран, віддалений від лінзи на відстань  $L = 1 \text{ м}$ . Відстань між двома максимумами інтенсивності першого порядку, які спостерігаються на екрані, дорівнює  $l = 20,2 \text{ см}$ . Визначити: а) сталу  $d$  дифракційної решітки; б) кількість штрихів  $n$  на один сантиметр; в) кількість максимумів  $N$ , одержаних у даному випадку; г) максимальний кут відхилення  $\varphi_{\max}$  променів, що відповідає останньому дифракційному максимуму.



**Розв'язання**

$d - ? \quad n - ? \quad N - ? \quad \varphi_{\max} - ?$

$\lambda = \lambda = 0,5 \text{ мкм} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ м},$

$L = 1 \text{ м},$

$l = 20,2 \text{ см} = 0,202 \text{ м},$

$h = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м},$

$k = 1.$

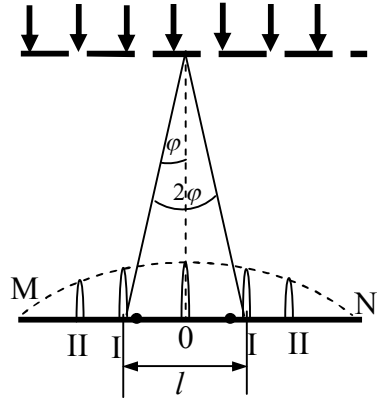


Рисунок 2

1 Стала дифракційної решітки, довжина хвилі та кут відхилення променів, що відповідає  $k$ -му максимуму, пов'язані співвідношенням:

$$d \sin \varphi = \pm k \lambda, \quad (1)$$

де  $d$  – період дифракційної решітки;  $k$  – порядок максимуму.

У нашому випадку  $k = 1$ . Оскільки  $\frac{l}{2} \ll L$ , то  $\text{tg} \varphi = \sin \varphi$ .

З рис.2 простежуємо

$$\text{tg} \varphi = \frac{l/2}{L}.$$

З урахуванням трьох останніх співвідношень вираз (1) набере вигляду

$$d \frac{l}{2L} = \lambda, \quad (2)$$

звідки знайдемо сталу решітки

$$d = \frac{2L\lambda}{l}.$$

Підставляючи числові значення фізичних величин, обчислимо:

$$d = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 10^{-7}}{0,202} = 4,95 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

2 Кількість штрихів на 1 см знайдемо з виразу

$$n = \frac{h}{d}.$$

Розрахунок дає

$$n = \frac{10^{-2}}{4,95 \cdot 10^{-6}} = 2,02 \cdot 10^3.$$

3 Для визначення кількості максимумів, які дає дифракційна решітка, спочатку підрахуємо максимальне значення  $k_{\max}$ , виходячи з того, що максимальний кут відхилення променів решіткою не може перевищувати  $90^\circ$ .

З формули (1) знайдемо

$$k_{\max} = d \sin \varphi / \lambda. \quad (3)$$

Підставляючи числові значення фізичних величин, обчислимо:

$$k_{\max} = 4,95 \cdot 10^{-6} / 5 \cdot 10^{-7} = 9,9.$$

Число  $k$  обов'язково має бути цілим. У той самий час воно не може набути значення, яке дорівнює 10, оскільки при цьому значення  $\sin \varphi$  має бути більшим за одиницю, що неможливо. Таким чином,

$$k_{\max} = 9.$$

Визначимо загальну кількість максимумів дифракційної картини, отриманих за допомогою дифракційної решітки. Ліворуч та праворуч від центрального максимуму буде спостерігатися однакова кількість максимумів, яка дорівнює  $k_{\max}$ , тобто усього  $2k_{\max}$ . Якщо врахувати центральний нульовий максимум, то отримаємо загальну кількість максимумів:

$$N = 2k_{\max} + 1.$$

Підставимо значення  $k_{\max}$  та обчислимо:

$$N = 2 \cdot 9 + 1 = 19.$$

4 Для визначення максимального кута відхилення променів, що відповідає останньому дифракційному максимуму, знайдемо з співвідношення (3) синус цього кута:

$$\sin \varphi_{\max} = k_{\max} \lambda / d.$$

Звідки

$$\varphi_{\max} = \arcsin(k_{\max} \lambda / d).$$

Підставляючи числові значення фізичних величин, обчислимо:

$$\varphi_{\max} = \arcsin\left(9 \cdot 5 \cdot 10^{-7} / 4,95 \cdot 10^{-6}\right) = 65,4^{\circ}.$$

**Відповідь:** а)  $d = 4,95 \cdot 10^{-6}$  м; б)  $n = 2,02 \cdot 10^3$ ;

в)  $N = 2 \cdot 9 + 1 = 19$ ; г)  $\varphi_{\max} = 65,4^{\circ}$ .

**Приклад 17.5** Яку найменшу роздільну здатність  $R$  має мати дифракційна решітка, щоб за її допомогою можна було розрізнити дві спектральні лінії калію ( $\lambda_1 = 578$  нм і  $\lambda_2 = 580$  нм)? Яку найменшу кількість  $N$  штрихів потрібно нанести на решітку, щоб розрізнити ці спектральні лінії було можливо у спектрі другого порядку?

**Розв'язання**

$R - ?$ $N - ?$	Роздільною силою спектрального приладу називається величина
$\lambda_1 = 578$ нм $5,78 \cdot 10^{-7}$ м,	$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}, \quad (1)$
$\lambda_2 = 580$ нм $5,8 \cdot 10^{-7}$ м,	
$k = 2.$	

де  $\lambda$  – довжина хвилі;  $\Delta\lambda$  – найменша різниця довжин хвиль двох спектральних ліній, при якій вони можуть бути розділені (спостерігатися у спектрі окремо) за допомогою цього приладу.

Для дифракційної решітки

$$R = kN, \quad (2)$$

де  $k$  – номер дифракційного максимуму,  $N$  – кількість штрихів решітки. Тоді можна записати:

$$N = \frac{R}{k}. \quad (3)$$

## 17 ДИФРАКЦІЯ СВІТЛА

---

Підставимо числові значення фізичних величин у вирази (1) і (3) та отримаємо:

$$R = \frac{5,8 \cdot 10^{-7}}{5,80 \cdot 10^{-7} - 5,78 \cdot 10^{-7}} \cdot \frac{5,8}{0,02} = 290,$$
$$N = \frac{290}{2} = 145.$$

**Відповідь:**  $R = 290$ ;  $N = 145$ .

## ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО РОЗВ'ЯЗАННЯ

**17.1** Між точковим джерелом світла та екраном помістили діафрагму з круглим отвором, радіус якого  $r$  можна змінювати. Відстані від діафрагми до джерела та екрана дорівнюють  $a = 100$  см і  $b = 125$  см, відповідно. Визначити довжину хвилі світла, якщо максимум освітленості в центрі дифракційної картини на екрані спостерігається при  $r_1 = 1$  мм і наступний максимум при  $r_2 = 1,29$  мм.

**Відповідь:**  $\lambda = 0,6$  мкм.

**17.2** Знайти радіуси  $r_k$  перших п'яти зон Френеля для плоскої хвилі, якщо відстань від хвильової поверхні до точки спостереження  $b = 1$  м. Довжина хвилі світла  $\lambda = 500$  нм.

**Відповідь:**  $r_1 = 0,71$  мм;  $r_2 = 1,0$  мм;  $r_3 = 1,22$  мм;  $r_4 = 1,41$  мм;  $r_5 = 1,58$  мм.

**17.3** Плоска монохроматична світлова хвиля з інтенсивністю  $I_0$  падає нормально на непрозорий екран із круглим отвором. Визначити інтенсивність світла  $I$  за екраном у точці, для якої розмір отвору дорівнює першій зоні Френеля у випадку, коли цей отвір закритий наполовину по діаметру?

**Відповідь:**  $I \approx I_0$ .

**17.4** Визначити радіус п'ятої зони Френеля для плоского хвильового фронту з довжиною хвилі  $\lambda = 0,5$  мкм, якщо точка спостереження міститься на відстані  $l = 1$  м від фронту хвилі.

**Відповідь:**  $r_5 = 1,58$  мм.

**17.5** На діафрагму з круглим отвором діаметром  $d = 4$  мм падає нормально паралельний пучок променів монохроматичного світла з довжиною хвилі  $\lambda = 0,5$  мкм. Точка спостереження міститься на відстані  $l = 1$  м. Скільки зон Френеля укладається в отворі?

**Відповідь:**  $k = 8$ .

**17.6** На щілину падає нормально паралельний пучок променів з довжиною  $\lambda$ . Ширина щілини дорівнює  $b = 6\lambda$ . Під яким кутом буде спостерігатися третій дифракційний мінімум світла?

**Відповідь:**  $\varphi = 30^\circ$ .

**17.7** Плоска світлова хвиля довжиною  $\lambda = 0,7$  мкм падає нормально на діафрагму із круглим отвором радіусом  $r = 1,4$  мм. Визначити відстані від діафрагми до трьох найбільш віддалених від неї точок, у яких спостерігається мінімум інтенсивності.

**Відповідь:**  $l_1 = 1,4$  м;  $l_2 = 0,7$  м;  $l_3 = 0,47$  м.

**17.8** Світло від монохроматичного джерела з довжиною хвилі  $\lambda = 0,6$  мкм падає нормально на діафрагму з круглим отвором. Діаметр отвору  $D = 6$  мм. За діафрагмою на відстані  $L = 3$  м від неї розміщений екран. 1 Скільки зон Френеля укладається у отворі діафрагми? 2 Яким буде центр дифракційної картини: темним чи світлим?

**Відповідь:** 1  $k = 5$ ; 2 У центрі дифракційної картини буде світла пляма.

**17.9** На щілину шириною  $a = 0,05$  мм падає нормально монохроматичне світло ( $\lambda = 0,5$  мкм). Визначити кут  $\varphi$  між початковим напрямком пучка світла та напрямком на четверту темну дифракційну смугу.

**Відповідь:**  $\varphi = 2^\circ 45'$ .

**17.10** На щілину шириною  $d = 0,021$  мм падає нормально монохроматичне світло з довжиною хвилі  $\lambda = 0,63$  мкм. Скільки дифракційних мінімумів можна спостерігати на екрані за цією щілиною?

**Відповідь:**  $k = 33$ .

**17.11** Дифракційна решітка освітлена нормально падаючим монохроматичним світлом. Максимум другого порядку спостерігається під кутом  $\varphi_2 = 14^\circ$ . Під яким кутом спостерігається максимум третього порядку?

**Відповідь:**  $\varphi_3 = 21^\circ 17'$ .

**17.12** Дифракційна решітка містить  $N = 200$  штрихів на міліметр. На неї нормально падає монохроматичне світло з довжиною хвилі  $\lambda = 0,6$  мкм. Максимум якого найбільшого порядку дає ця решітка?

**Відповідь:**  $k = 8$ .

**17.13** При освітленні дифракційної решітки білим світлом спектри другого та третього порядків частково перекриваються. На яку довжину хвилі у спектрі другого порядку накладається фіолетова лінія з довжиною хвилі  $\lambda_1 = 0,4$  мкм у спектрі третього порядку?

**Відповідь:**  $\lambda_2 = 0,6$  мкм.

**17.14** Інфрачервоне випромінювання лазера на вуглекислому газі з довжиною хвилі  $\lambda = 10,6$  мкм падає нормально на систему паралельних щілин шириною 50 мкм. Відстань між щілинами також дорівнює 50 мкм. Який максимальний номер  $k_{\max}$  дифракційного максимуму може спостерігатися в цьому випадку?

**Відповідь:**  $k_{\max} = 9$ .

**17.15** На дифракційну решітку нормально падає пучок світла. Червона лінія ( $\lambda_1 = 630$  нм) спостерігається у спектрі третього порядку під кутом  $\varphi = 60^\circ$ . Яка спектральна лінія  $\lambda_2$  спостерігається під таким самим кутом у спектрі четвертого порядку? Яку кількість штрихів  $n$  на одиницю довжини має дифракційна решітка?

**Відповідь:**  $\lambda_2 = 475$  нм,  $n = 460$  штр/мм.

**17.16** На дифракційну решітку нормально падає пучок променів від газорозрядної трубки. Якому значенню має дорівнювати стала дифракційної решітки  $d$ , щоб у напрямку  $\varphi = 41^\circ$  збігалися максимуми двох ліній  $\lambda_1 = 656,3$  нм та  $\lambda_2 = 410,2$  нм?

**Відповідь:**  $d = 5$  мкм.

**17.17** На дифракційну решітку нормально падає пучок монохроматичного світла. Максимум третього порядку спостерігається під кутом  $\varphi_3 = 36^\circ 48'$  до нормалі. Знайти сталу решітки, виражену у довжинах хвиль падаючого випромінювання. Скільки максимумів дає така дифракційна решітка?

**Відповідь:**  $d = 5\lambda$ ;  $N = 11$ .

**17.18** Кутова дисперсія дифракційної решітки при малих кутах дифракції становить  $D_\varphi = 5$  хв/нм. Визначити роздільну здатність решітки, якщо її довжина дорівнює  $d = 2$  см.



**Відповідь:**  $R = 29000$ .

**17.19** На дифракційну решітку, що містить  $N = 500$  штрихів на міліметр, нормально падає монохроматичне світло з довжиною хвилі  $\lambda = 700$  нм. За решіткою поміщена збиральна лінза з фокусною відстанню  $f = 50$  см, у фокальній площині якої розміщений екран. На екрані спостерігається спектр другого порядку. Знайти лінійну дисперсію цієї системи в міліметрах на нанометр.

**Відповідь:**  $D_l = 0,7$  мм/нм.

**17.20** На дифракційну решітку нормально падає монохроматичне світло з довжиною хвилі  $\lambda = 650$  нм. За решіткою поміщена збиральна лінза з екраном у фокальній площині. На екрані під кутом  $\varphi = 30^\circ$  спостерігається дифракційна картина. При якій фокусній відстані лінзи лінійна дисперсія дорівнює  $D_l = 0,5$  мм/нм?

**Відповідь:**  $f = 42,2$  см.

**17.21** На якій відстані містяться на екрані дві лінії ртутної дуги з довжинами хвиль  $\lambda_1 = 577$  нм і  $\lambda_2 = 579,1$  нм у спектрі першого порядку, отриманому за допомогою дифракційної решітки з періодом  $d = 2$  мкм і лінзи з фокусною відстанню  $f = 0,6$  м?

**Відповідь:**  $x = 0,72$  мм.

**17.22** Стала дифракційної решітки дорівнює  $d = 2$  мкм. Яку різницю довжин хвиль  $\Delta\lambda$  може розділити ця решітка в області жовтих променів ( $\lambda = 600$  нм) у спектрі другого порядку? Ширина решітки дорівнює  $a = 2,5$  см.

**Відповідь:**  $\Delta\lambda = 24$  нм.

**17.23** На грань кристала кам'яної солі падає паралельний пучок рентгенівського випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda = 147$  нм. Визначити відстань  $d$  між атомними площинами кристала, якщо дифракційний максимум другого порядку спостерігається, коли випромінювання падає під кутом  $\theta = 31^\circ 30'$  до поверхні кристала.

**Відповідь:**  $d = 0,28$  нм.

**17.24** Чому дорівнює довжина хвилі монохроматичного рентгенівського випромінювання, що падає на кристал кальциту, якщо

дифракційний максимум першого порядку спостерігається, коли кут ковзання дорівнює  $\theta = 3^\circ$ ? Відстань між атомними площинами кристала дорівнює  $d = 0,3 \text{ нм}$ .

**Відповідь:**  $\lambda = 31 \text{ нм}$ .

**17.25** Паралельний пучок рентгенівського випромінювання падає на грань кристала. Під кутом  $\theta = 65^\circ$  до площини грані спостерігається максимум першого порядку. Відстань між атомними площинами кристала дорівнює  $d = 280 \text{ нм}$ . Визначити довжину хвилі  $\lambda$  рентгенівського випромінювання.

**Відповідь:**  $\lambda = 506 \text{ нм}$ .